

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-138343

(43)Date of publication of application : 27.05.1997

(51)Int.Cl.

G02B 13/00

G02B 13/18

(21)Application number : 07-319546

(71)Applicant : MARK:KK

(22)Date of filing : 14.11.1995

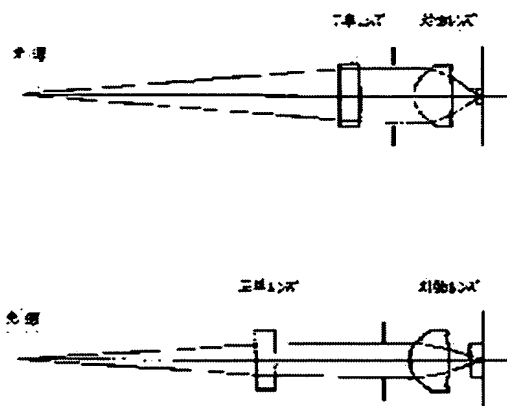
(72)Inventor : FUJIOKA IWATATSU

## (54) OBJECTIVE LENS SYSTEM FOR DISK SUBSTRATE VARIABLE IN THICKNESS

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an objective lens system which is capable of dealing with continuous variation in the thickness of a disk substrate in recording and reproducing of an optical information medium of a large density and large capacity and has good performance in spite of extremely simple constitution with a smaller number of elements.

SOLUTION: A positive single lens, a positive objective lens and the disk substrate are arranged successively from the light source side. The positive single lens described above is moved on the optical axis, by which the aberrations occurring in the change in the thickness of the disk substrate are improved in case of an increase in such aberrations. The objective lens is focused by slightly moving the lens on the optical axis with respect to the moving of the image point position by the change in the thickness of the disk substrate. The positive single lens is composed of two elements of the positive lenses.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.07.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3014311

[Date of registration]

17.12.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-138343

(43) 公開日 平成9年(1997)5月27日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

G02B 13/00

13/18

識別記号

庁内整理番号

F I

G02B 13/00

13/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全21頁)

(21) 出願番号 特願平7-319546

(22) 出願日 平成7年(1995)11月14日

(71) 出願人 591183418

株式会社マーク

東京都中野区江古田1丁目38番6号

(72) 発明者 藤陵 嚴達

東京都東久留米市滝山5丁目15番17号

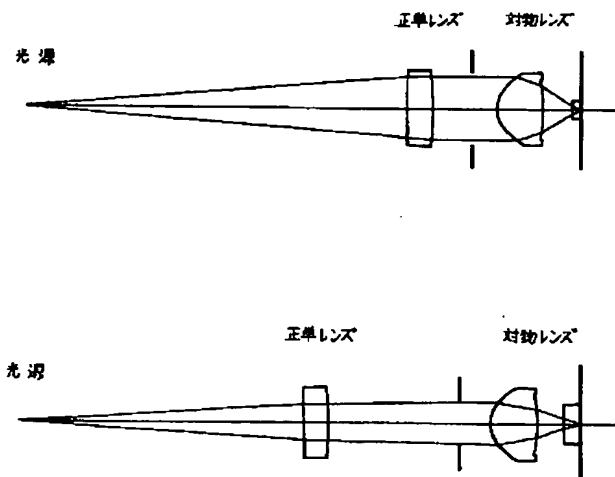
(74) 代理人 弁理士 井ノ口 壽

(54) 【発明の名称】 ディスク基板厚み可変の対物レンズ系

(57) 【要約】

【課題】 構成枚数も少なく、極めて簡単な構成にもかかわらず、高密度大容量の光情報媒体の記録、再生においてディスク基板の厚みの連続可変に対応でき、性能の良好な対物レンズ系を提供する。

【解決手段】 光源側より順次に正の単レンズ、正の対物レンズおよびディスク基板が配置され、ディスク基板の厚みの変化に起因する収差の増大に対しては上記の正の単レンズを光軸上で移動することにより収差を良好とし、ディスク基板厚みの変化による像点位置の移動には対物レンズを光軸上で微少移動することにより合焦する。なお、上記正の単レンズは2枚の正レンズで構成することもできる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源側より順次に正の単レンズ、正の対物レンズおよびディスク基板が配置され、ディスク基板の厚みの変化に起因する収差の増大に対しては上記正の単レンズを光軸上で移動することにより収差を良好とし、ディスク基板の厚みの変化による像点位置の移動には対物レンズを光軸上で微少量移動することにより合焦することを特徴とするディスク基板厚み可変の対物レンズ系。

【請求項2】 請求項1に記載の対物レンズ系において、ディスク基板の厚みが増加するときは、正の単レンズを光源側に近づける方向に移動させ、ディスク基板の厚みが減少するときは正の単レンズを像側に近づける方向に移動することを特徴とするディスク基板厚み可変の対物レンズ系。

【請求項3】 請求項1または2に記載の対物レンズ系において、正の単レンズの焦点距離を  $f_c$ 、対物レンズの焦点距離を  $f_o$ 、正の単レンズの像側の曲率半径を  $r_i$  とするとき、

$$f_c > 5 f_o \quad \dots\dots (1)$$

$$r_i < 0 \quad \dots\dots (2)$$

なる条件を満足することを特徴とするディスク基板厚み可変の対物レンズ系。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかに記載の対物レンズ系において、対物レンズは収差補正の基準となる特定ディスク基板厚との組合せにおいて、無限遠物体からの平行光束に対して収差を良好とするもののほか、有限距離物体からの発散光束に対して収差を良好とするもの、および対物レンズの像側方向の物体に向かう収収光束（超無限遠光束）に対して収差を良好とするもののいずれでも良いことを特徴とするディスク基板厚み可変の対物レンズ系。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかに記載の対物レンズ系において、正の単レンズを2枚の正レンズで構成し、この合成レンズの焦点距離を  $f_{c1}$ 、球面の曲率半径を光源側より順次に  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、 $r_4$ 、対物レンズの焦点距離を  $f_o$  とするとき、

$$f_{c1} > 4 f_o \quad \dots\dots (3)$$

$$r_2 < 0, r_4 < 0 \quad \dots\dots (4)$$

なる関係を保つことを特徴とするディスク基板厚み可変の対物レンズ系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、大容量の光情報媒体の記録、再生に適した対物レンズ系に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 高密度、大容量の光情報媒体の記録、再生には対物レンズのNAを大きくすることが有効であるが、このときレンズの光軸の傾きにより収差発生量が増大する。これを防ぐには光ディスクの基板の厚みを薄く

することが有利である。以上の理由で近年ディスク基板の厚みを薄くすることが試みられている。一方、現在普及しているコンパクトディスク（CD）は、ディスク基板の厚みは1.2mmと厚い。この現在のコンパクトディスクと高密度光ディスク（SD）の両方を記録、再生できる光ディスク装置が必要となった。しかるに、ディスクの基板厚みが増加すると球面収差が著しく変化するため、コンパクトディスク（CD）と高密度光ディスク（SD）の両方を1つの対物レンズ系で満足することは不可能であった。

【0003】 最近対物レンズにホログラムレンズを付加することにより、多焦点を得る方法として特開平7-198909号公報、特開平7-98431号公報等があるが、回折による光量低下の欠点を逃れることはできない。また、特開平7-153110号公報にはコリメータレンズと対物レンズの間に負の非球面をもつ補正板を挿入することにより、ディスク基板の厚みの変更に対処する方法が開示されているが、ディスク基板厚みが異なる数だけそれに対応した補正板が必要であり、その出し入れの機構も複雑となる。また、ディスク基板と対物レンズのセットを交換する方法も行われているようであるが、ディスク基板の厚みが異なる数だけ対物レンズとのセットが必要であり、経済性および機構の複雑さは免れない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は簡単な機構により異なった多数のディスク基板厚みに対応し、光量の損失もなく、しかも良好な性能が得られる方法を提供するものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 大容量の光情報媒体の記録、再生にはレーザ光源からの発散光をコリメータレンズで無限遠からの平行光束に変換し、対物レンズで結像させるのが一般的であるが、本発明はコリメータレンズをも廃止し、しかもディスク基板の厚みの変化により増大する収差をも除去し、多数のディスク基板の厚みにも充分良好な性能が得られる光学系を、極めて簡単な構成で得られるものである。すなわち、本発明は光源側より順次に光軸上、正の単レンズ、対物レンズ、ディスク基板が配置され、ディスク基板の厚みの変化に対しては、上記正の単レンズを光軸上で移動することにより収差を良好とするものである。

【0006】 本発明のディスク基板の厚みの変化に対し、収差補正が良好にできる理由を以下に説明する。ここでディスク基板の厚みの変化は対物レンズの球面収差を著しく変化させることは当業界では衆知であることを前提とする。

（説明1） 正の対物レンズの球面収差は入射する光の物体距離によって変化する。無限遠物体に対する球面収差に対し、物体が有限距離で正の対物レンズに近づくほ

ど、補正不足の球面収差が増大する。すなわち、球面収差の近点変化であり、この逆の超無限遠光束に対しても成り立つ。

(説明2) 光源である有限距離物点からの発散光束が入射する正の単レンズに対して補正不足の球面収差が発生する。その量は正の単レンズの光源側と像側の屈折力の分担度により若干差異が生ずる。

【0007】以上のことを総合、考察、集大成することにより本発明が生じたものである。大容量の光情報媒体の記録、再生のためには、対物レンズは高NAとし、ディスク基板の厚みは小さい値を特定し、この組合せのもとに収差を極限まで除去する。この場合、対物レンズに入射する光束は無限遠物体からの平行光束、有限距離物体からの発散光束、および対物レンズの像側方向の物体に向かう収斂光束(超無限遠光束)のいずれでも良い。

【0008】次に本発明の光学系におけるレンズ配置について図1を参照しながら説明する。対物レンズが前記の特定のディスク基板厚みと組合わされている場合は、光源である物点からの発散光束が正の単レンズによって作られる像点是对物レンズの設計時に用いられた入射光束の近傍に得られるように正の単レンズの焦点距離および光源との距離を設定する。簡単のために対物レンズと特定ディスク基板厚みとの組合せが無限遠物体からの平行光束に対して収差が補正されている場合について述べる。

【0009】(a) ディスク基板厚みが特定値の場合  
正の単レンズの前側焦点位置よりも光源が若干外側になるように配置する。これは正の単レンズの補正不足の球面収差を考慮するからである(前記説明2)。

(b) ディスク基板厚みが特定値より厚い場合  
球面収差が補正過剰となる。正の単レンズによる光源の像点対物レンズに対し有限距離物点からの発散光束となるように正の単レンズを動かせば収差が良好となる

(前記説明1)。すなわち、正の単レンズを光源側に近づけ、その分だけ対物レンズとの間隔を拡げる。この場合も前記説明2による正の単レンズによる球面収差も補正の対象となる。

(c) ディスク基板厚みが特定値より薄い場合  
球面収差が補正不足となる。正の単レンズによる光源の像点対物レンズの像側方向の点に向かう収斂光束(超無限遠光束)となるように正の単レンズを移動すれば収差が良好となる(前記説明1)。すなわち、正の単レンズを光源から遠ざけ、その分だけ対物レンズとの間隔を狭める。この場合も前記説明2による正の単レンズによる球面収差も補正の対象となる。

【0010】以上(a)、(b)、(c)の方法は対物レンズと特定ディスク基板厚みとの組合せの設計基準の物体距離が有限距離物体からの発散光束の場合および対物レンズの像側方向の物体に向かう収斂光束(超無限遠光束)に対して行われた場合においても成り立つ。これまでに

述べた方法により高密度、大容量、高NAにおいて、ディスク基板厚みの変化に対しても球面収差は極めて良好に補正することができるが、コマ収差には若干の影響もあり、トラッキング等で対物レンズの光軸と直角方向の移動(シフト)による性能の悪化にも考慮する必要があるため、高NA(SD)においてはディスク基板の厚さの変化は特定値の20%以内が望ましい。例えば、NA=0.6でディスク基板の特定厚さが0.6mmのときは、±0.12mm位に止めるのが良い。

【0011】次にコンパクトディスク(CD)用として用いるときは使用波長が780nmと長く、NA=0.45が現状である。高密度光ディスク(SD)における波長は650nm、635nm等であるから、これらの波長を使用した場合、コンパクトディスク(CD)に必要なNAは

使用波長650nmのとき

$$NA_{cD} = 0.45 \cdot (650 / 780) = 0.375$$

使用波長635nmのとき

$$NA_{cD} = 0.45 \cdot (635 / 780) = 0.366$$

で良いことになり、ディスク基板厚みが0.6mmから1.2mmと大きく変化しても充分高性能の結果が得られる。そのためには正の単レンズと対物レンズとの間に絞りを挿入すると良い。なお、ディスク基板の厚みの変化に対する全系像点位置の変化に対しては対物レンズの微少移動により行う。

【0012】次に条件式(1)について説明する。本発明においてはコリメータレンズを廃止しているため、正の単レンズがコリメータレンズの働きも併せもっている。条件式1は正の単レンズの焦点距離と対物レンズの焦点距離との間の関係を定めるものである。正の単レンズの焦点距離を $f_c$ 、NAを $NA_c$ 、対物レンズの焦点距離を $f_o$ 、NAを $NA_o$ とすれば、双方に収差がない場合は、

$$f_c / f_o = NA_o / NA_c \quad \dots (5)$$

なる関係が成り立つ。すなわち、対物レンズが $NA_o = 0.6$ の場合、正の単レンズの $NA_c$ は条件式(1)から $NA_c < 0.12$ となり、光源側のNAの負担が過大となるのを防ぐものである。

【0013】条件式(2)は正の単レンズと対物レンズとの相互偏心による性能低下を防ぐためのものである。トラッキング等により対物レンズを光軸と直角方向に移動(シフト)する場合、正の単レンズも同時にシフトできれば問題はないが、機構の複雑化を防ぐために対物レンズのみをシフトするときは偏心による性能低下が生ずる。この量は正の単レンズの光源側と像側の屈折力の分担度により変化する。像側の屈折力分担が少なくなるときは対物レンズのシフトによる性能低下が多くなる。条件式(2)の範囲を超えるときはこの傾向が増大する。

【0014】条件式(3)は正の単レンズを2枚の正レンズで構成したときの条件式である。正の単レンズを上

記の2枚の構成とすることにより、光源側のNAの増大による光量の増加が可能となる。この2枚構成としたときの可動レンズのNAを $NA_{ct}$ とすれば対物レンズの $NA_o = 0.6$ のとき、前記の式(5)より $NA_{ct} < 0.15$ の範囲で光源側のNAも増大することができる。

【0015】条件式(4)は正の単レンズを2枚の正レンズで構成したときの可動レンズと対物レンズの相互偏心による性能低下を防ぐためのものである。2枚のレンズ共、像側の面の正の屈折力が弱くなると対物レンズのシフトによる性能低下が多くなる。条件式(4)の範囲を超えるときはこの傾向が増大する。なお、本発明対物レンズ系の正の単レンズまたはこれを2枚の正レンズで構成し、ディスク基板厚みの変化に際し、移動する上記可動レンズに非球面を採用し、光源側のNAの増大や性能の向上を図ることは本発明の条件範囲を逸脱するものではない。ただし、トラッキング等により対物レンズのみがシフトする場合には可動レンズと対物レンズの相互偏心による性能維持への配慮が必要である。

【0016】

【発明の実施の形態】次に本発明のディスク基板厚み可変の対物レンズ系の実施例1から実施例8までを第1表から第8表に示す。表中の記号は次の通りである。

【0017】 $r_i$ ：順次に球面の曲率半径または非球面の頂点曲率半径

$d_i$ ：順次にレンズの光軸上の厚みまたは空気間隔

$n_i$ ：順次にレンズの材質の波長650nmにおける屈折率

$t$ ：ディスク基板の光軸上の厚み

$n_b$ ：ディスク基板の材質の波長650nmにおける屈折率

WD：作動距離

$L_1$ ：第1レンズから光源までの光軸上の距離

$f$ ：全系の焦点距離

$f_c$ ：正の単レンズの焦点距離

$f_{ct}$ ：正の単レンズが2枚構成となったときの焦点距離

$f_o$ ：対物レンズの焦点距離

NA：全系のNA

$NA_o$ ：対物レンズのNA

$NA_c$ ：光源側のNA

10  $L_{11}$ ：対物レンズの設計に用いた物体距離（有限距離物体からの発散光束が入射するとき（-））

非球面の形状の式は、

$x$ ：非球面上の点のレンズ面頂点における接平面からの距離

$h$ ：光軸からの高さ

$C$ ：非球面頂点の曲率（ $C = 1/r$ ）

$K$ ：円錐定数

$A_{11}$ ：非球面係数

とするとき

20 【式1】

$$X = \frac{Ch^3}{1 + \sqrt{1 - (1+K)C^2h^2}} + \sum_{i=1}^n A_{1i}h^{2i}$$

で表される。なお、ディスク基板厚さ $t = 0.6$ のときの対物レンズの有効径を $t = 0.5$ および $t = 0.7$ にも使用し $t = 1.2$ のときは絞り（対物レンズの手前2の位置）により計算を行った。

（以下、余白とする。）

30 【表1】

## 实施例 1

$$f_c = 30.196 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_M = \infty$$

$$\begin{aligned} r_1 &= \infty & d_1 &= 2.0 & n_1 &= 1.82793 \\ r_2 &= -25.0 & d_2 &= \text{可変} & & \\ r_3 &= 2.75 & d_3 &= 3.6 & n_2 &= 1.49936 \\ r_4 &= -6.931 & WD &= \text{可変} & & \\ r_5 &= \infty & t &= \text{可変} & n_b &= 1.57747 \\ r_6 &= \infty & & & & \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
L <sub>1</sub>	-32.02	-29.67	-27.81	-21.97
d <sub>2</sub>	2.65	5.0	6.86	12.70
f	4.346	4.699	5.022	6.404
NA	0.605	0.600	0.596	0.375
NA <sub>c</sub>	0.082	0.088	0.092	0.067
WD	2.162	2.145	2.124	1.967

## 非球面係数

非球面	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>
K	$-8.77156 \times 10^{-1}$	$-3.00545 \times 10$
A <sub>4</sub>	$2.10680 \times 10^{-3}$	$7.02580 \times 10^{-4}$
A <sub>6</sub>	$4.69606 \times 10^{-5}$	$4.60027 \times 10^{-5}$
A <sub>8</sub>	$7.99174 \times 10^{-7}$	$-7.33258 \times 10^{-8}$
A <sub>10</sub>	$1.73782 \times 10^{-7}$	$-1.96496 \times 10^{-8}$
A <sub>12</sub>	$7.84965 \times 10^{-8}$	$-3.67224 \times 10^{-7}$
A <sub>14</sub>	$-4.89508 \times 10^{-11}$	$-2.62505 \times 10^{-8}$
A <sub>16</sub>	$-1.93707 \times 10^{-10}$	$8.38902 \times 10^{-9}$
A <sub>18</sub>	$-6.59082 \times 10^{-11}$	$9.39881 \times 10^{-10}$

$$f_c / f_M = 6.710$$

【表 2】

## 実施例2

$$f_c = 30.174 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_{1M} = \infty$$

$$\begin{aligned} r_1 &= 100.0 & d_1 &= 2.0 & n_1 &= 1.82793 \\ r_2 &= -33.0 & d_2 &= \text{可変} & & \\ r_3 &= 2.75 & d_3 &= 3.6 & n_2 &= 1.49936 \\ r_4 &= -6.931 & WD &= \text{可変} & & \\ r_5 &= \infty & t &= \text{可変} & n_3 &= 1.57747 \\ r_6 &= \infty & & & & \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
L <sub>1</sub>	-32.38	-30.07	-28.23	-22.39
d <sub>2</sub>	2.69	5.0	6.84	12.68
f	4.390	4.744	5.070	6.484
NA	0.604	0.600	0.596	0.375
NA <sub>c</sub>	0.082	0.087	0.091	0.066
WD	2.160	2.142	2.120	1.962

## 非球面係数

非球面	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>
K	$-8.77158 \times 10^{-1}$	$-3.00545 \times 10$
A <sub>4</sub>	$2.10680 \times 10^{-6}$	$7.02580 \times 10^{-4}$
A <sub>6</sub>	$4.69606 \times 10^{-5}$	$4.60027 \times 10^{-5}$
A <sub>8</sub>	$7.99174 \times 10^{-7}$	$-7.33258 \times 10^{-8}$
A <sub>10</sub>	$1.73782 \times 10^{-7}$	$-1.96496 \times 10^{-9}$
A <sub>12</sub>	$7.84965 \times 10^{-9}$	$-3.67224 \times 10^{-7}$
A <sub>14</sub>	$-4.89508 \times 10^{-11}$	$-2.62505 \times 10^{-9}$
A <sub>16</sub>	$-1.93707 \times 10^{-10}$	$8.38902 \times 10^{-9}$
A <sub>18</sub>	$-6.59082 \times 10^{-11}$	$9.39881 \times 10^{-10}$

$$f_c / f_M = 6.705$$



## 実施例3

$$f_c = 30.472 \quad f_m = 4.5 \quad NA_m = 0.6 \quad L_m = \infty$$

$$\begin{aligned} r_1 &= 50.0 & d_1 &= 2.0 & n_1 &= 1.82793 \\ r_2 &= -50.0 & d_2 &= \text{可変} & & \\ r_3 &= 2.75 & d_3 &= 3.6 & n_2 &= 1.49936 \\ r_4 &= -6.931 & WD &= \text{可変} & & \\ r_5 &= \infty & t &= \text{可変} & n_3 &= 1.57747 \\ r_6 &= \infty & & & & \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
L <sub>1</sub>	-33.37	-31.00	-29.09	-23.06
d <sub>2</sub>	2.63	5.0	6.91	12.94
f	4.422	4.788	5.130	6.624
NA	0.604	0.600	0.596	0.375
NA <sub>c</sub>	0.080	0.086	0.090	0.065
WD	2.154	2.135	2.113	1.954

## 非球面係数

非球面	r <sub>5</sub>	r <sub>4</sub>
K	$-8.77156 \times 10^{-1}$	$-3.00545 \times 10$
A <sub>4</sub>	$2.10680 \times 10^{-8}$	$7.02580 \times 10^{-4}$
A <sub>6</sub>	$4.69606 \times 10^{-5}$	$4.60027 \times 10^{-5}$
A <sub>8</sub>	$7.99174 \times 10^{-7}$	$-7.33258 \times 10^{-6}$
A <sub>10</sub>	$1.73782 \times 10^{-7}$	$-1.96496 \times 10^{-6}$
A <sub>12</sub>	$7.84965 \times 10^{-9}$	$-3.67224 \times 10^{-7}$
A <sub>14</sub>	$-4.89508 \times 10^{-11}$	$-2.62505 \times 10^{-8}$
A <sub>16</sub>	$-1.93707 \times 10^{-10}$	$8.38902 \times 10^{-9}$
A <sub>18</sub>	$-6.59082 \times 10^{-11}$	$9.99881 \times 10^{-10}$

$$f_c / f_m = 6.772$$

【表4】

## 実施例4

$$f_c = 30.174 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_M = \infty$$

$$\begin{aligned} r_1 &= 33.0 & d_1 &= 2.0 & n_1 &= 1.82793 \\ r_2 &= -100.0 & d_2 &= \text{可変} & & \\ r_3 &= 2.75 & d_3 &= 3.6 & n_3 &= 1.49936 \\ r_4 &= -6.931 & WD &= \text{可変} & & \\ r_5 &= \infty & t &= \text{可変} & n_5 &= 1.57747 \\ r_6 &= \infty & & & & \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
L <sub>1</sub>	-33.99	-31.59	-29.64	-23.53
d <sub>2</sub>	2.6	5.0	6.95	13.06
f	4.457	4.838	5.199	6.787
NA	0.604	0.600	0.598	0.375
NA <sub>c</sub>	0.080	0.085	0.089	0.065
WD	2.141	2.122	2.100	1.942

## 非球面係数

非球面	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>
K	$-8.77156 \times 10^{-1}$	$-3.00545 \times 10$
A <sub>4</sub>	$2.10680 \times 10^{-9}$	$7.02580 \times 10^{-4}$
A <sub>6</sub>	$4.69606 \times 10^{-5}$	$4.60027 \times 10^{-5}$
A <sub>8</sub>	$7.99174 \times 10^{-7}$	$-7.33258 \times 10^{-8}$
A <sub>10</sub>	$1.73782 \times 10^{-7}$	$-1.96496 \times 10^{-8}$
A <sub>12</sub>	$7.84965 \times 10^{-9}$	$-3.67224 \times 10^{-9}$
A <sub>14</sub>	$-4.89508 \times 10^{-11}$	$-2.62505 \times 10^{-9}$
A <sub>16</sub>	$-1.93707 \times 10^{-10}$	$8.38902 \times 10^{-9}$
A <sub>18</sub>	$-6.59082 \times 10^{-11}$	$9.39881 \times 10^{-10}$

$$f_c / f_M = 8.705$$

## 实施例5

$$f_c = 25.019 \quad f_m = 4.5 \quad NA_m = 0.6 \quad L_m = \infty$$

$r_1 =$	$\infty$	$d_1 = 2.0$	$n_1 = 1.91129$
$r_2 = -22.8$		$d_2 =$ 可変	
$r_3 = 2.75$		$d_3 = 3.6$	$n_3 = 1.49936$
$r_4 = -6.931$		WD = 可変	
$r_5 = \infty$		$t =$ 可変	$n_b = 1.57747$
$r_6 = \infty$			

t	0.5	0.6	0.7	1.2
$L_1$	-26.26	-24.62	-23.30	-19.13
$d_2$	3.36	5.0	6.32	10.49
f	4.436	4.742	5.022	6.169
NA	0.605	0.600	0.596	0.375
NAc	0.100	0.105	0.109	0.078
WD	2.153	2.137	2.117	1.960

## 非球面係数

非球面	$r_3$	$r_4$
K	$-8.77156 \times 10^{-1}$	$-3.00545 \times 10^{-1}$
$A_4$	$2.10680 \times 10^{-9}$	$7.02580 \times 10^{-4}$
$A_6$	$4.69606 \times 10^{-5}$	$4.60027 \times 10^{-5}$
$A_8$	$7.99174 \times 10^{-7}$	$-7.33258 \times 10^{-5}$
$A_{10}$	$1.73782 \times 10^{-7}$	$-1.96496 \times 10^{-5}$
$A_{12}$	$7.84965 \times 10^{-9}$	$-3.67224 \times 10^{-7}$
$A_{14}$	$-4.89508 \times 10^{-11}$	$-2.62505 \times 10^{-9}$
$A_{16}$	$-1.93707 \times 10^{-10}$	$8.38902 \times 10^{-9}$
$A_{18}$	$-6.59082 \times 10^{-11}$	$9.39881 \times 10^{-10}$

$$f_c / f_m = 5.560$$

【表6】

## 実施例6

$$f_c = 36.147 \quad f_m = 4.3 \quad NA_m = 0.6 \quad L_m = -300$$

$$r_1 = -360.0$$

$$d_1 = 2.0$$

$$n_1 = 1.82793$$

$$r_2 = -27.7$$

$$d_2 = \text{可変}$$

$$r_3 = 2.7$$

$$d_3 = 3.7$$

$$n_2 = 1.49936$$

$$r_4 = -5.702$$

$$WD = \text{可変}$$

$$r_5 = \infty$$

$$t = \text{可変}$$

$$n_3 = 1.57747$$

$$r_6 = \infty$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
$L_1$	-34.21	-31.35	-28.04	-21.34
$d_2$	2.14	5.0	7.31	15.01
f	4.148	4.491	4.812	6.319
NA	0.605	0.601	0.597	0.375
$NA_c$	0.074	0.079	0.083	0.060
WD	2.031	2.014	1.992	1.836

## 非球面係数

非球面	$r_3$	$r_4$
K	$-7.98962 \times 10^{-1}$	$-2.19588 \times 10$
$A_4$	$1.49179 \times 10^{-3}$	$3.20305 \times 10^{-4}$
$A_6$	$1.91505 \times 10^{-5}$	$-1.75942 \times 10^{-5}$
$A_8$	$-1.69235 \times 10^{-6}$	$-1.73427 \times 10^{-3}$
$A_{10}$	$-5.72618 \times 10^{-8}$	$-3.39889 \times 10^{-5}$
$A_{12}$	$-3.85959 \times 10^{-9}$	$-3.79829 \times 10^{-7}$
$A_{14}$	$-1.41481 \times 10^{-9}$	$2.69263 \times 10^{-6}$
$A_{16}$	$-4.57411 \times 10^{-10}$	$1.33962 \times 10^{-8}$
$A_{18}$	$-1.12038 \times 10^{-10}$	$7.53364 \times 10^{-11}$

$$f_c / f_m = 8.406$$

【表7】

## 实施例 7

$$f_c = 29.632 \quad f_M = 4.5 \quad NA_M = 0.6 \quad L_M = 300$$

$$\begin{aligned} r_1 &= 93.0 & d_1 &= 2.0 & n_1 &= 1.82793 \\ r_2 &= -33.0 & d_2 &= \text{可変} & & \\ r_3 &= 2.8 & d_3 &= 3.3 & n_2 &= 1.49936 \\ r_4 &= -6.913 & WD &= \text{可変} & & \\ r_5 &= \infty & t &= \text{可変} & n_3 &= 1.57747 \\ r_6 &= \infty & & & & \end{aligned}$$

t	0.5	0.6	0.7	1.2
L <sub>1</sub>	-35.79	-32.87	-30.64	-23.59
d <sub>2</sub>	2.08	5.0	7.23	14.28
f	4.295	4.741	5.149	7.075
NA	0.606	0.602	0.598	0.375
NA <sub>c</sub>	0.074	0.081	0.086	0.064
WD	2.288	2.271	2.250	2.109

## 非球面係数

非球面	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>
K	-1.08974	-2.35194×10 <sup>-6</sup>
A <sub>4</sub>	2.88628×10 <sup>-6</sup>	-6.16199×10 <sup>-6</sup>
A <sub>6</sub>	3.16847×10 <sup>-6</sup>	-1.32179×10 <sup>-6</sup>
A <sub>8</sub>	-6.03541×10 <sup>-6</sup>	-2.76214×10 <sup>-6</sup>
A <sub>10</sub>	-5.03967×10 <sup>-7</sup>	-2.33274×10 <sup>-6</sup>
A <sub>12</sub>	-6.87062×10 <sup>-6</sup>	-1.20938×10 <sup>-7</sup>
A <sub>14</sub>	-6.17509×10 <sup>-6</sup>	4.53476×10 <sup>-6</sup>
A <sub>16</sub>	-8.18994×10 <sup>-10</sup>	1.49463×10 <sup>-6</sup>
A <sub>18</sub>	-2.01841×10 <sup>-10</sup>	-1.93636×10 <sup>-6</sup>

$$f_c / f_M = 6.585$$

【表 8】

## 実施例 8

$$f_c = 22.746 \quad f_m = 4.5 \quad NA_m = 0.6 \quad L_{11} = \infty$$

$r_1 = -150.0$	$d_1 = 1.5$	$n_1 = 1.82793$
$r_2 = -25.0$	$d_2 = 0.1$	
$r_3 = -100.0$	$d_3 = 1.5$	$n_2 = 1.82793$
$r_4 = -33.0$	$d_4 = \text{可変}$	
$r_5 = 2.75$	$d_5 = 3.6$	$n_3 = 1.49936$
$r_6 = -6.931$	WD = 可変	
$r_7 = \infty$	$t = \text{可変}$	$n_4 = 1.57747$
$r_8 = \infty$		

t	0.5	0.6	0.7	1.2
$L_1$	-22.95	-21.68	-20.63	-17.24
$d_2$	3.73	5.0	6.05	9.44
f	4.567	4.841	5.094	6.128
NA	0.604	0.600	0.596	0.375
NA <sub>c</sub>	0.112	0.117	0.121	0.085
WD	2.162	2.144	2.122	1.962

## 非球面係数

非球面	$r_s$	$r_s$
K	$-8.77156 \times 10^{-1}$	$-3.00545 \times 10^{-1}$
$A_4$	$2.10680 \times 10^{-3}$	$7.02580 \times 10^{-4}$
$A_6$	$4.69606 \times 10^{-5}$	$4.60027 \times 10^{-5}$
$A_8$	$7.99174 \times 10^{-7}$	$-7.33258 \times 10^{-6}$
$A_{10}$	$1.73782 \times 10^{-7}$	$-1.96496 \times 10^{-5}$
$A_{12}$	$7.84965 \times 10^{-9}$	$-3.67224 \times 10^{-7}$
$A_{14}$	$-4.89508 \times 10^{-11}$	$-2.62505 \times 10^{-8}$
$A_{16}$	$-1.93707 \times 10^{-10}$	$8.38902 \times 10^{-9}$
$A_{18}$	$-6.59082 \times 10^{-11}$	$9.39881 \times 10^{-10}$

$$f_c / f_m = 5.055$$

【0018】実施例 1～5 および実施例 8 における対物レンズは共通で特定ディスク基板厚み 0.6 mm において無限遠物体 ( $L_{11} = \infty$ ) に対し収差を良好としたもので、この収差曲線を図 2 に示す。実施例 1 の収差曲線を図 3 および図 4 に、実施例 2 の収差曲線を図 5 および図 6 に、実施例 3 の収差曲線を図 7 および図 8 に、実施例 4 の収差曲線を図 9 および図 10 に、実施例 5 の収差曲線を図 11 および図 12 に示す。実施例 6 における対物レンズは特定ディスク基板厚み 0.6 mm において対物レンズの第 1 面の手前 300 mm の有限物体からの発散光束 ( $L_{11} = -300$ ) に対して収差を良好としたもので、この収差曲線を図 13 に示し、全系の収差曲線を図 14 および図 15 に示す。実施例 7 における対物レンズは特定ディスク基板厚み 0.6 mm において、対物レンズの第 1 面より像側 300 mm にある物体に向かう収斂光束 (超無限遠光束) ( $L_{11} = 300$ ) に対して収差を良好としたものでこの収差曲線を図 16 に示し、全系の収差曲線を図 17 および図 18 に示す。実施例 8 は正の単レンズを 2 枚の正レンズで構成したものでその構成断面図を図 19 に示し、全系の収差曲線を図 20 および図 21 に示す。いずれの実施例においてもディスク基板厚みが増加しても良好な性能であることがわかる。

## 【0019】

【発明の効果】以上説明したように本発明によるディスク基板厚み可変の対物レンズ系は構成枚数も少なく、極めて簡単な機構にもかかわらず、高密度、大容量の光情報媒体の記録・再生においてディスク基板の厚みの連続可変にも充分対応でき、性能も良好となし得るものである。本発明はディスク基板厚みを変数としたズーム対物レンズ系とも考えることができ、多数のディスク基板厚みに対応でき、しかも回折による光量低下の欠点もない。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明のディスク基板厚み可変対物レンズ系の実施例 1 の構成断面図である。

【図 2】実施例 1～5 および実施例 8 において対物レンズのディスク基板厚み 0.6 における収差曲線図である。

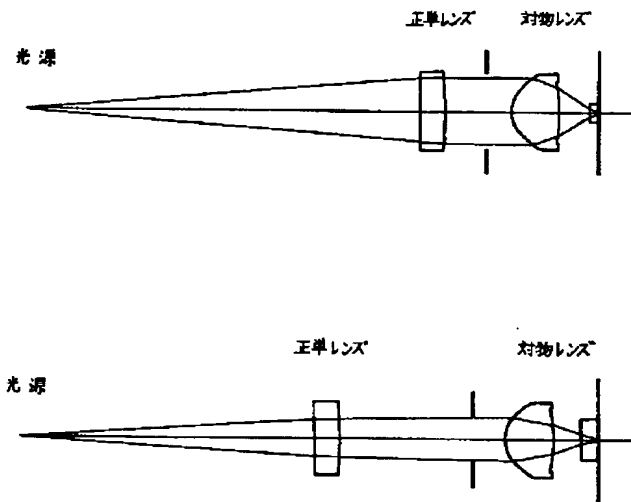
【図 3】実施例 1 のディスク基板厚みが (a) は 0.6, (b) は 1.2 における収差曲線図である。

【図 4】実施例 1 のディスク基板厚みが (a) は 0.5, (b) は 0.7 における収差曲線図である。

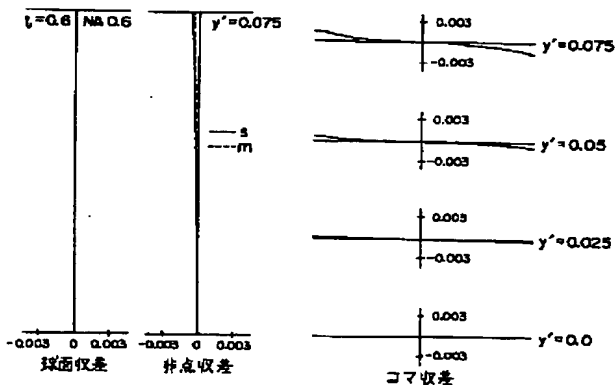
【図 5】実施例 2 のディスク基板厚みが (a) は 0.6, (b) は 1.2 における収差曲線図である。

- 【図 6】実施例 2 のディスク基板厚みが (a) は 0.5, (b) は 0.7 における収差曲線図である。
- 【図 7】実施例 3 のディスク基板厚みが (a) は 0.6, (b) は 1.2 における収差曲線図である。
- 【図 8】実施例 3 のディスク基板厚みが (a) は 0.5, (b) は 0.7 における収差曲線図である。
- 【図 9】実施例 4 のディスク基板厚みが (a) は 0.6, (b) は 1.2 における収差曲線図である。
- 【図 10】実施例 4 のディスク基板厚みが (a) は 0.5, (b) は 0.7 における収差曲線図である。
- 【図 11】実施例 5 のディスク基板厚みが (a) は 0.6, (b) は 1.2 における収差曲線図である。
- 【図 12】実施例 5 のディスク基板厚みが (a) は 0.5, (b) は 0.7 における収差曲線図である。
- 【図 13】実施例 6 において対物レンズのディスク基板厚み 0.6 における収差曲線図である。

【図 1】

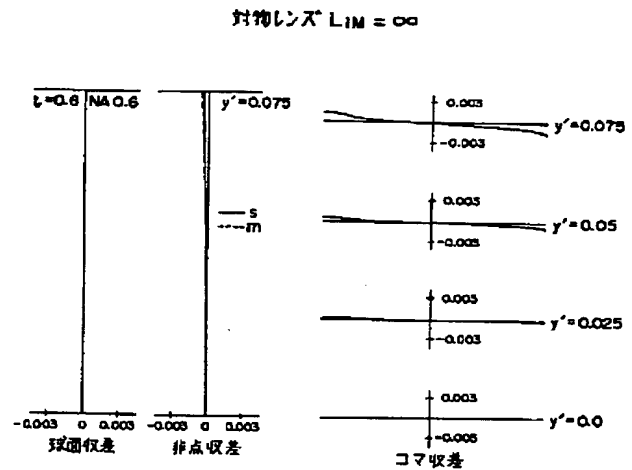


【図 13】

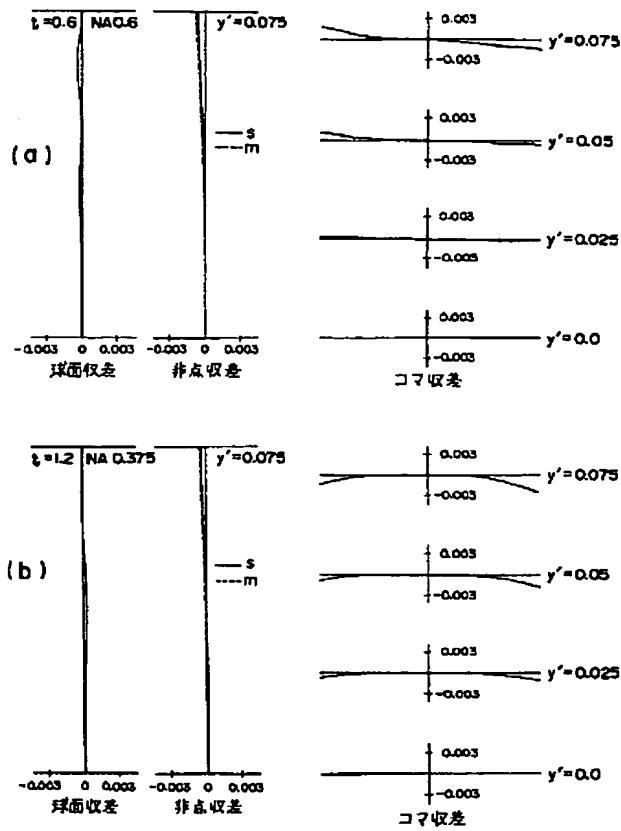
対物レンズ  $LIM = -300$ 

- 【図 14】実施例 6 のディスク基板厚みが (a) は 0.6, (b) は 1.2 における収差曲線図である。
- 【図 15】実施例 6 のディスク基板厚みが (a) は 0.5, (b) は 0.7 における収差曲線図である。
- 【図 16】実施例 7 において対物レンズのディスク基板厚み 0.6 における収差曲線図である。
- 【図 17】実施例 7 のディスク基板厚みが (a) は 0.6, (b) は 1.2 における収差曲線図である。
- 【図 18】実施例 7 のディスク基板厚みが (a) は 0.5, (b) は 0.7 における収差曲線図である。
- 【図 19】実施例 8 の構成断面図である。
- 【図 20】実施例 8 のディスク基板厚みが (a) は 0.6, (b) は 1.2 における収差曲線図である。
- 【図 21】実施例 8 のディスク基板厚みが (a) は 0.5, (b) は 0.7 における収差曲線図である。

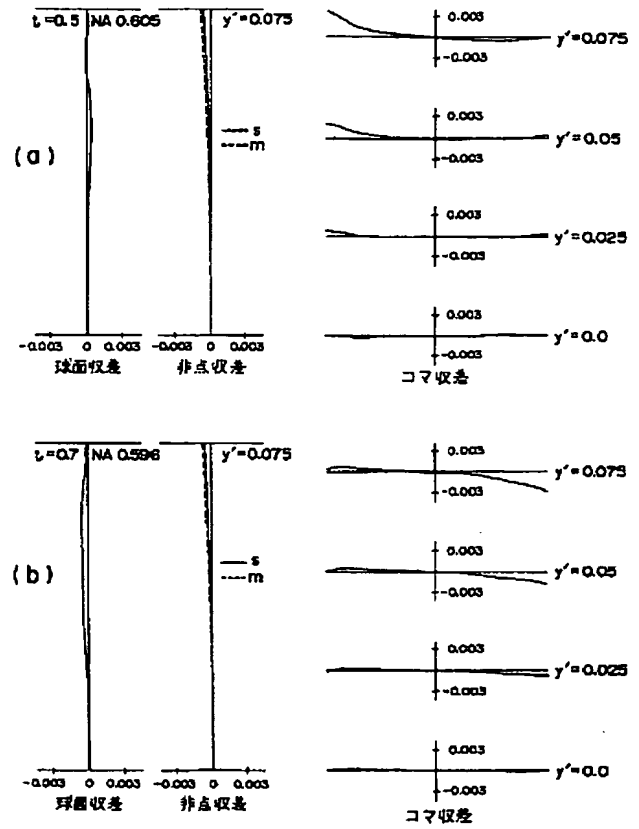
【図 2】



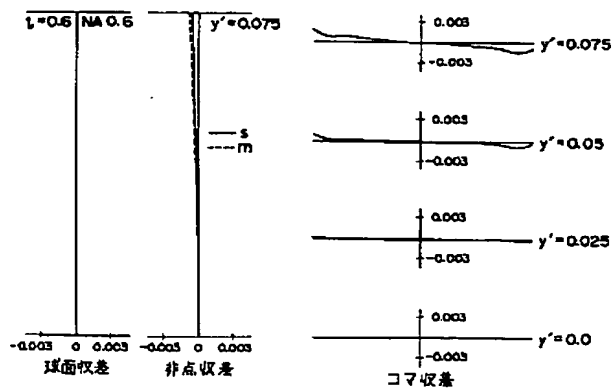
【図 3】



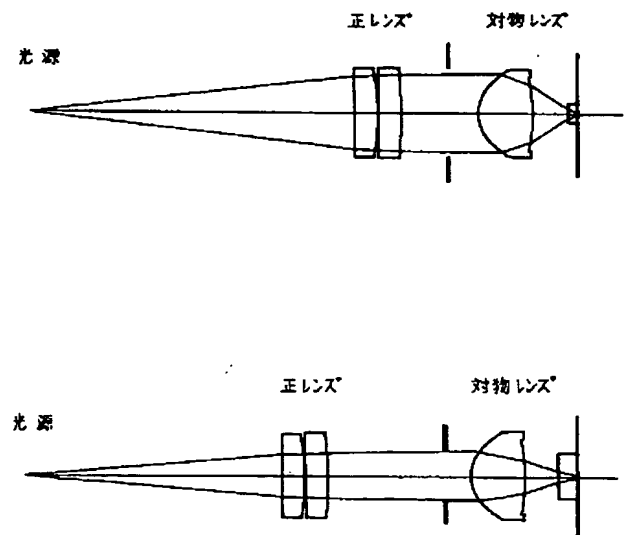
【図 4】



【図 16】

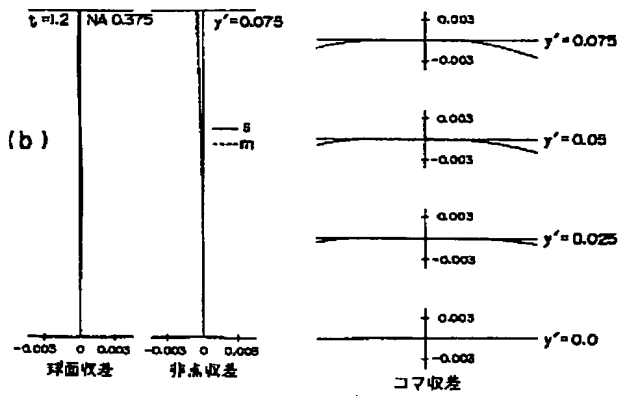
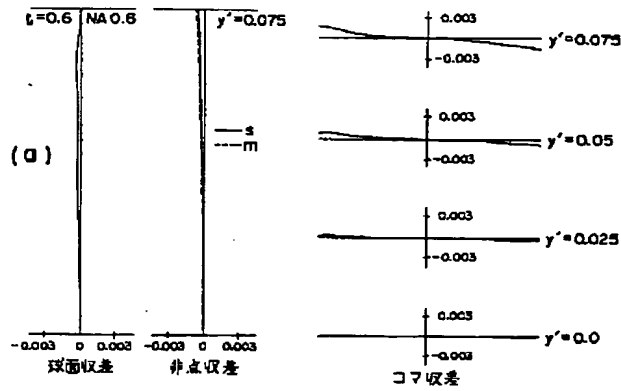
対物レンズ  $L_{IM}=300$ 

【図 19】

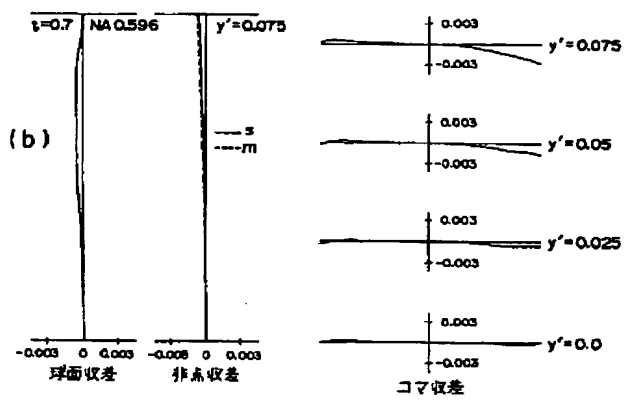
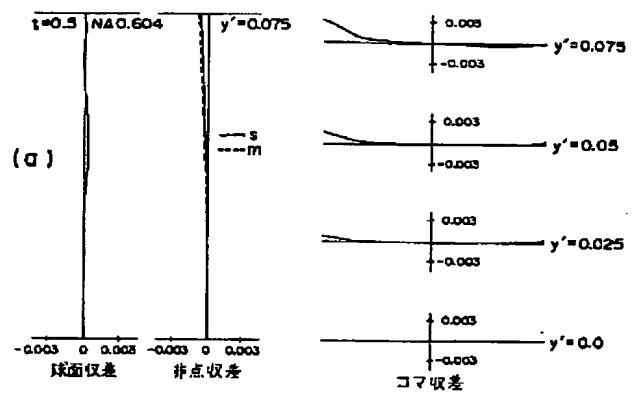




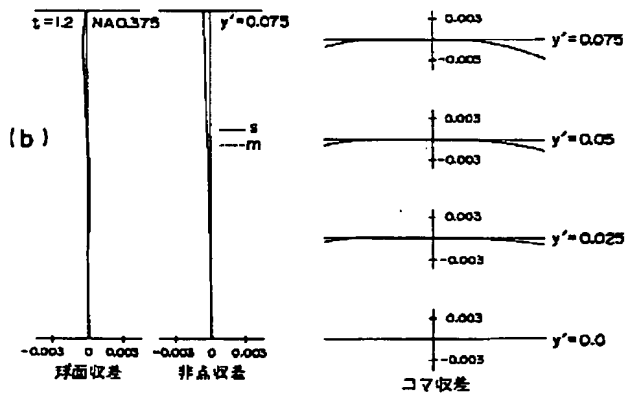
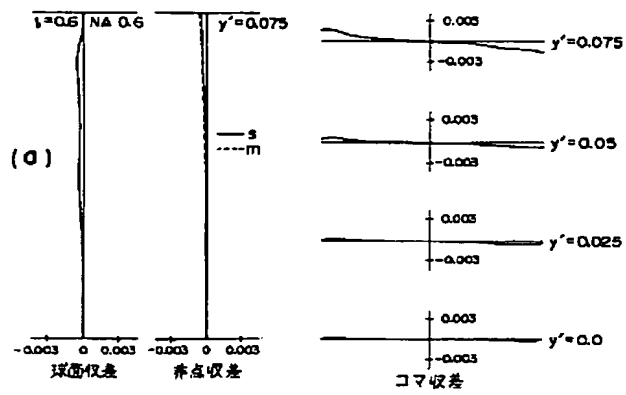
【図 5】



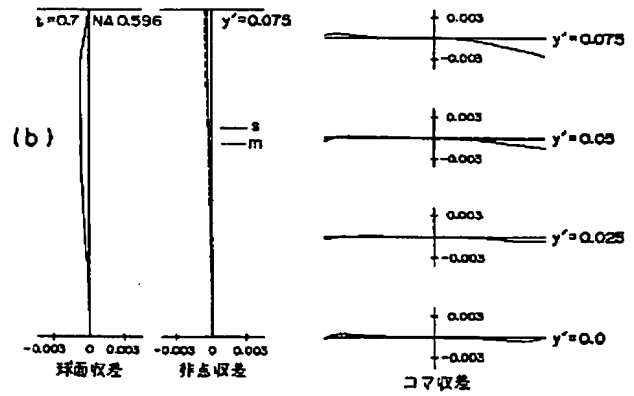
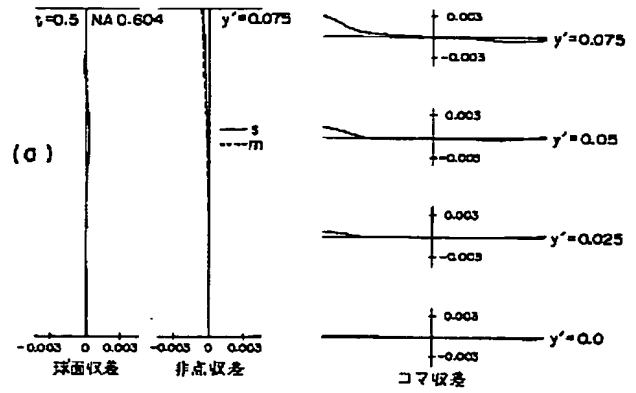
【図 6】



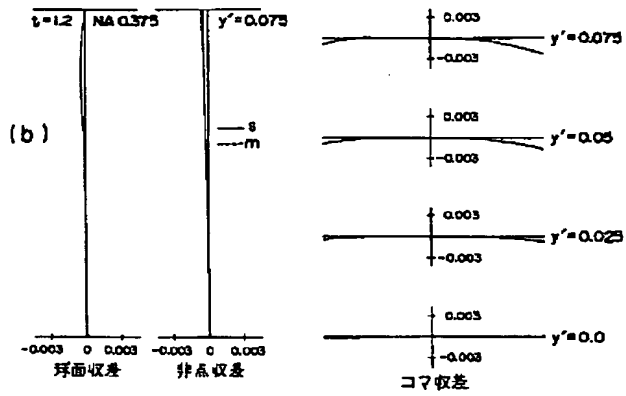
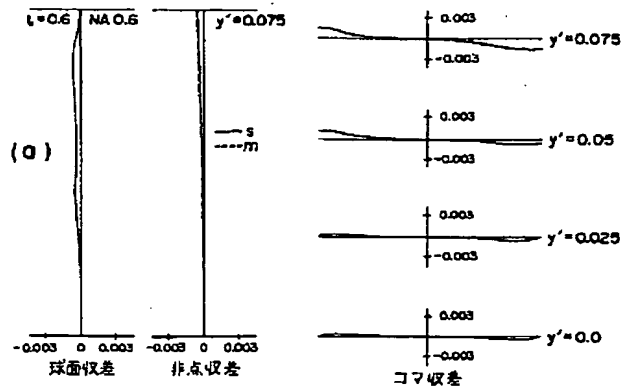
【図 7】



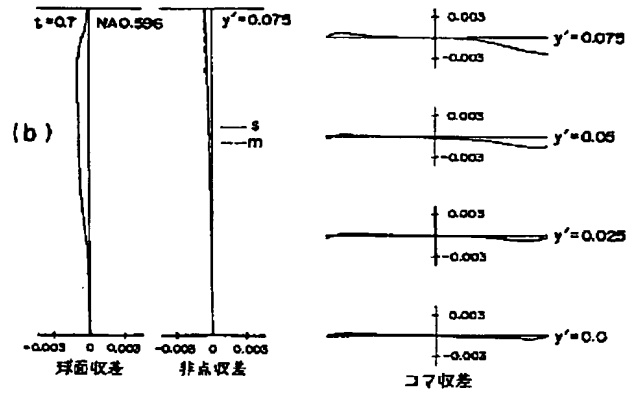
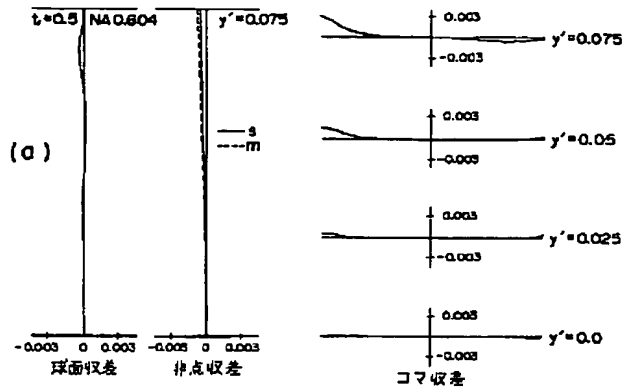
【図 8】



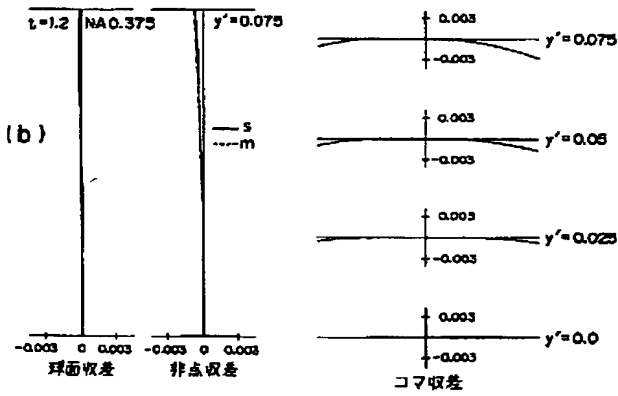
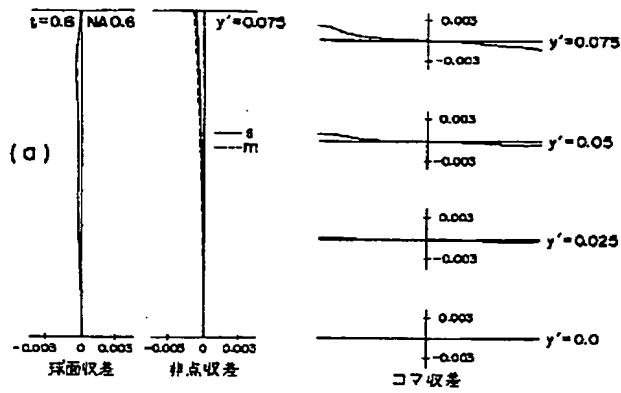
【図 9】



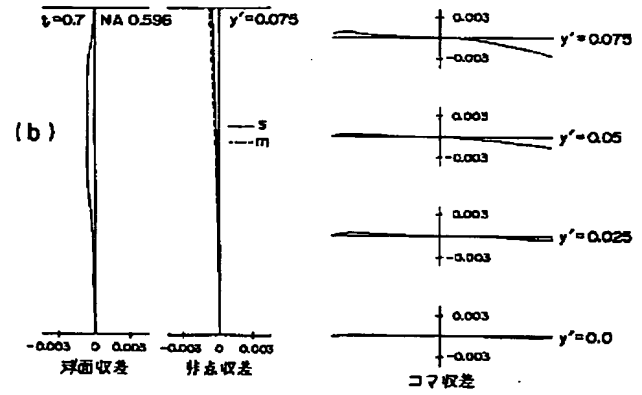
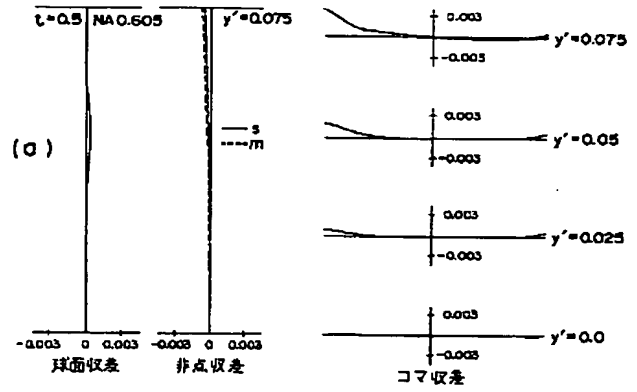
【図 10】



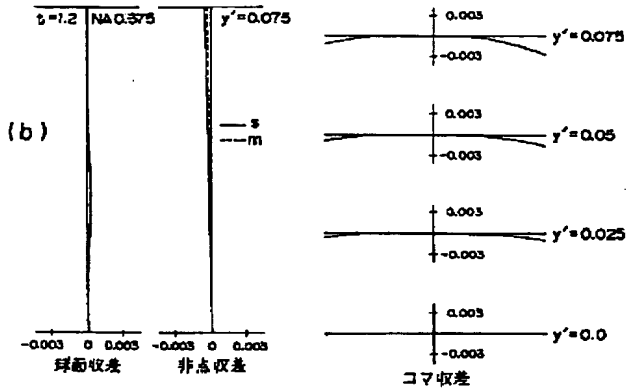
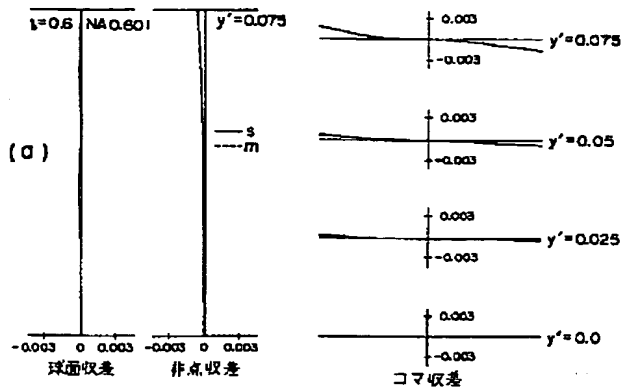
【図 1 1】



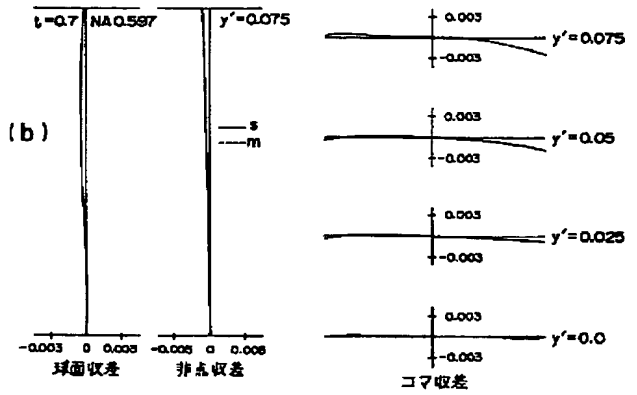
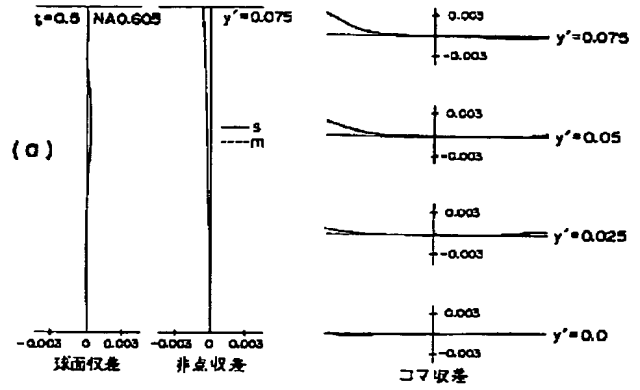
【図 1 2】



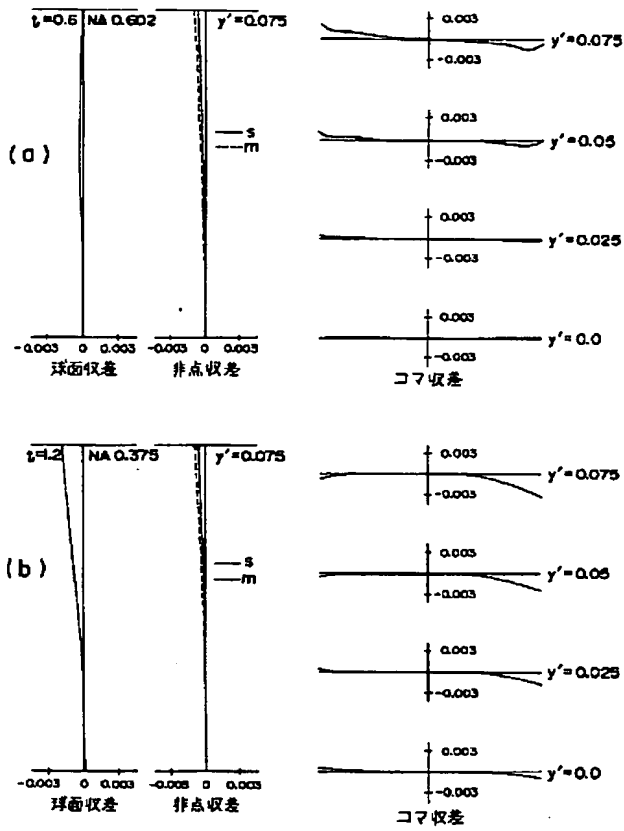
【図 1 4】



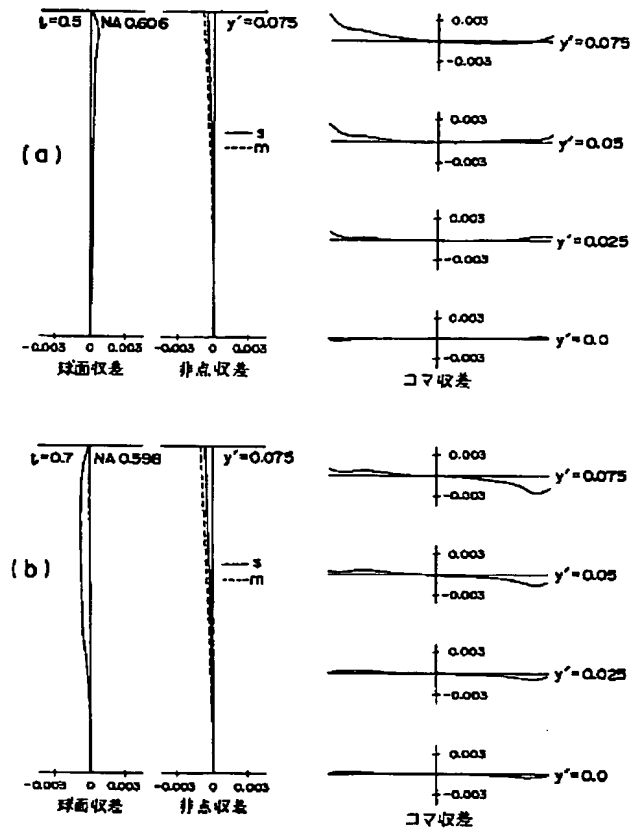
【図 1 5】



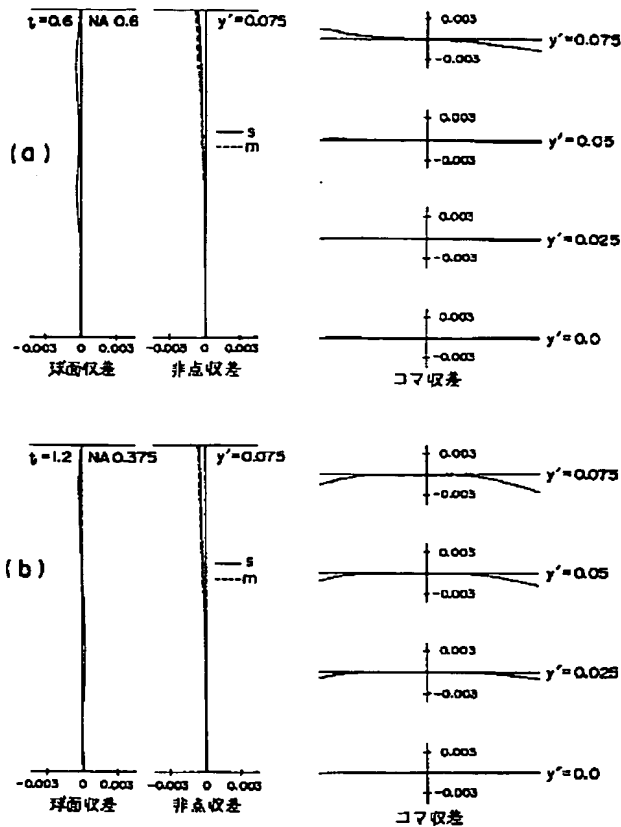
【図 17】



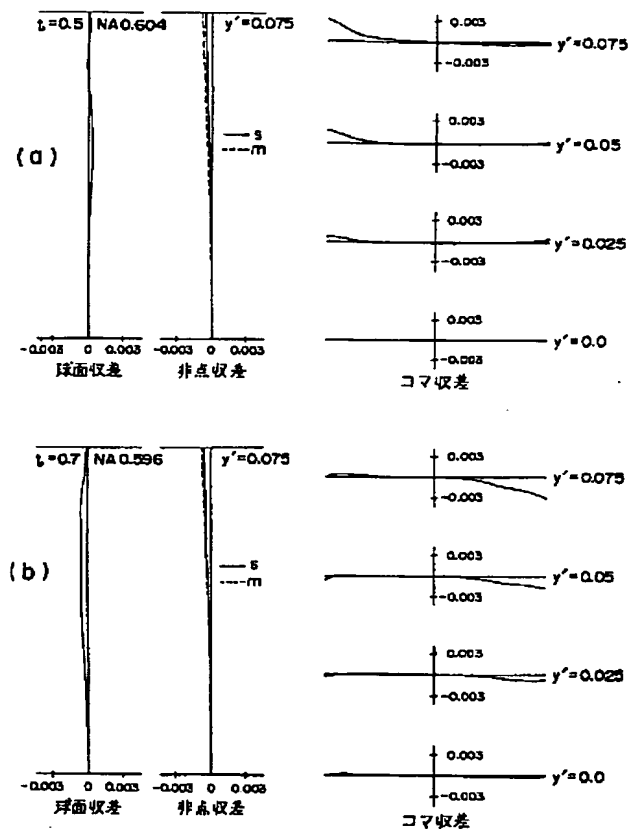
【図 18】



【図 20】



【図 21】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 8 年 1 月 1 9 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 2

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 1 2】次に条件式 (1) について説明する。本発明においてはコリメータレンズを廃止しているため、正の単レンズがコリメータレンズの働きも併せもっている。条件式 (1) は正の単レンズの焦点距離と対物レン

ズの焦点距離との間の関係を定めるものである。正の単レンズの焦点距離を  $f_c$ 、NA を  $NA_c$ 、対物レンズの焦点距離を  $f_o$ 、NA を  $NA_o$  とすれば、双方に収差がない場合は、

$$f_c / f_o = NA_o / NA_c \quad \dots (5)$$

なる関係が成り立つ。すなわち、対物レンズが  $NA_o = 0.6$  の場合、正の単レンズの  $NA_c$  は条件式 (1) から  $NA_c < 0.12$  となり、光源側の NA の負担が過大となるのを防ぐものである。